

Protokoll: Solarzelle

Tom Kranz, Philipp Hacker

18. November 2014

Betreuer: J. Walowski

Versuchsdatum: 4.11.2014/5.11.2014

Note:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Grundlegendes	2
2.1	Halbleiter	2
2.2	p-n-Übergang	3
3	Auswertung	3
4	Anhang	5
4.1	Messwerte	5
4.2	Grafiken	8
5	Quellen	8

1 Einleitung

Solarzellen sind aktive elektrische Bauelemente zur Umwandlung von Strahlungs- in elektrische Energie. In diesem Versuch sollen die Eigenschaften einer Solarzelle im Betrieb beleuchtet werden – dazu wird die Strom- und Spannungs-Charakteristik einer handelsüblichen Solarzelle unter verschiedenen Bedingungen aufgenommen und näher ausgewertet. Insbesondere wird dabei auf den Diodencharakter dieses Halbleiterbauelements eingegangen.

2 Grundlegendes

Die einfache Solarzelle ist ein Halbleiterbauelement, genauer gesagt: Eine Diode. Als solche benötigt das Verständnis ihrer Funktionsweise Kenntnis von den Eigenschaften von Halbleitern und besonders von p-n-Übergängen.

2.1 Halbleiter

Halbleiter sind Stoffe, deren elektrische Leitfähigkeit je nach Anwendungsgebiet mehr oder weniger leicht um Größenordnungen verändert werden kann, zum Beispiel durch Veränderung der Temperatur. Diese Eigenschaft verdanken Halbleitermaterialien ihrem besonderen atomaren Aufbau: Die Bindung der sie ausmachenden Teilchen erfolgt durch die einzigen vier Valenzelektronen dieser Teilchen. Praktisch heißt das, dass es am absoluten Nullpunkt keine freien Ladungsträger im Material gibt, da alle Elektronen entweder zu stark an die Atomrümpfe oder in den Bindungen zu den Nachbarteilchen gebunden sind. Wird dem Material Energie zugeführt, können die Elektronen diese in gewissen Maßen quasi ohne Quantelung aufnehmen, da das Potential, in dem diese Quantenobjekte leben, aufgrund der vielen umgebenden Elektronen (und Atomrümpfe) dicht beieinanderliegende, in guter Näherung kontinuierliche, Energieniveaus zulässt. Diese Tatsache wird im sogenannten Bändermodell berücksichtigt. Demnach können sich die Elektronenenergien in kontinuierlichen, aber voneinander unterscheidbaren, Energiebändern bewegen. Bei Halbleitern ist das bei einer bestimmten Temperatur besetzte Valenzband von dem darauffolgenden, höherenergetischen Leitungsband durch eine Bandlücke getrennt – in diesem Energiebereich gibt es für die Elektronen keine Zustände; entweder die zugeführten Energiequanten reichen zum Überwinden die Bandlücke und Elektronen können ins höhergelegene Band gelangen oder sie nehmen keine Energie auf und verbleiben im Valenzband. Der „Unterschied“ zu Isolatoren besteht darin, dass es mit angemessenem technischen Aufwand möglich ist, ausreichend vielen Elektronen die Überwindung der Bandlücke zu ermöglichen (vgl. Abb. 1, „Eigenhalbleiter“).

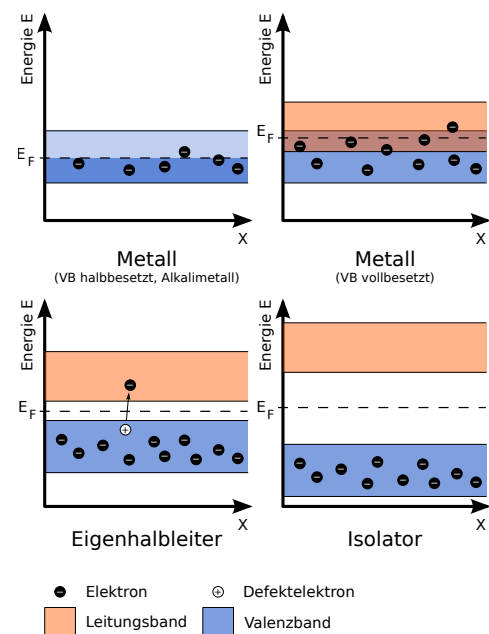


Abb. 1: Schema der Energiebänder in verschiedenen Materialklassen

2.2 p-n-Übergang

3 Auswertung

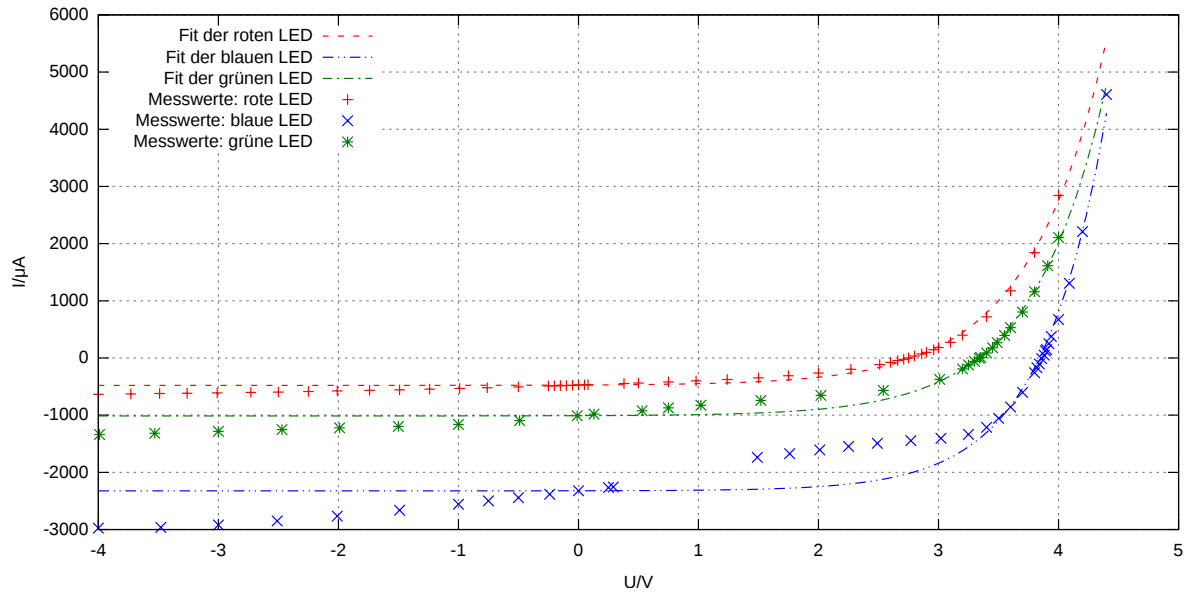


Abb. 2: Diagramm: Beleuchtung mit LEDs

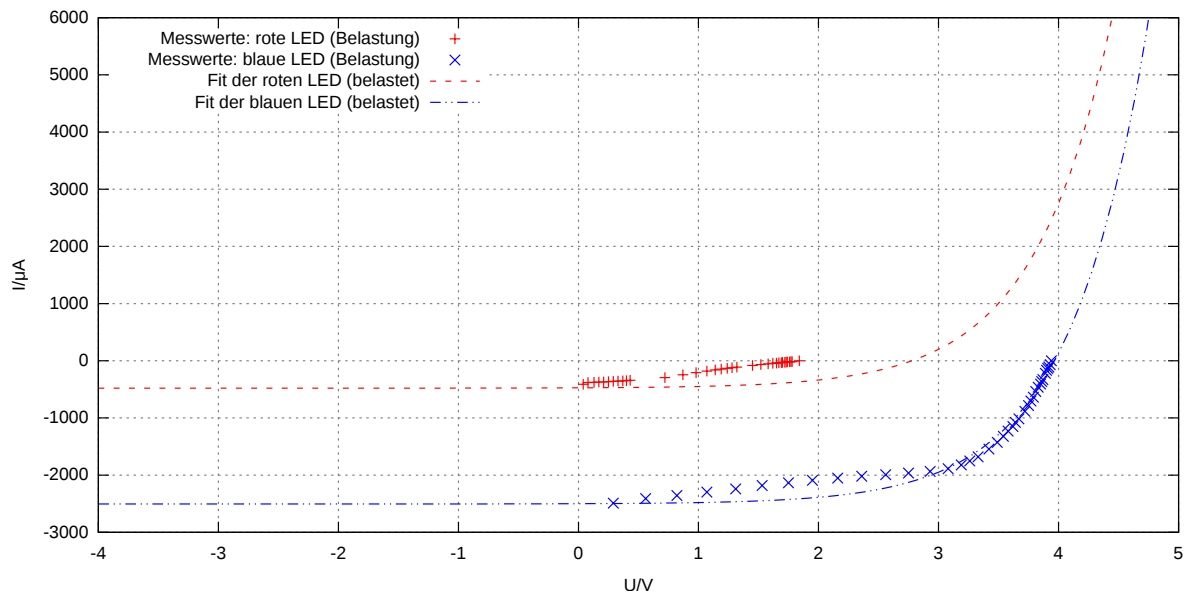


Abb. 3: Diagramm: LEDs unter Belastung

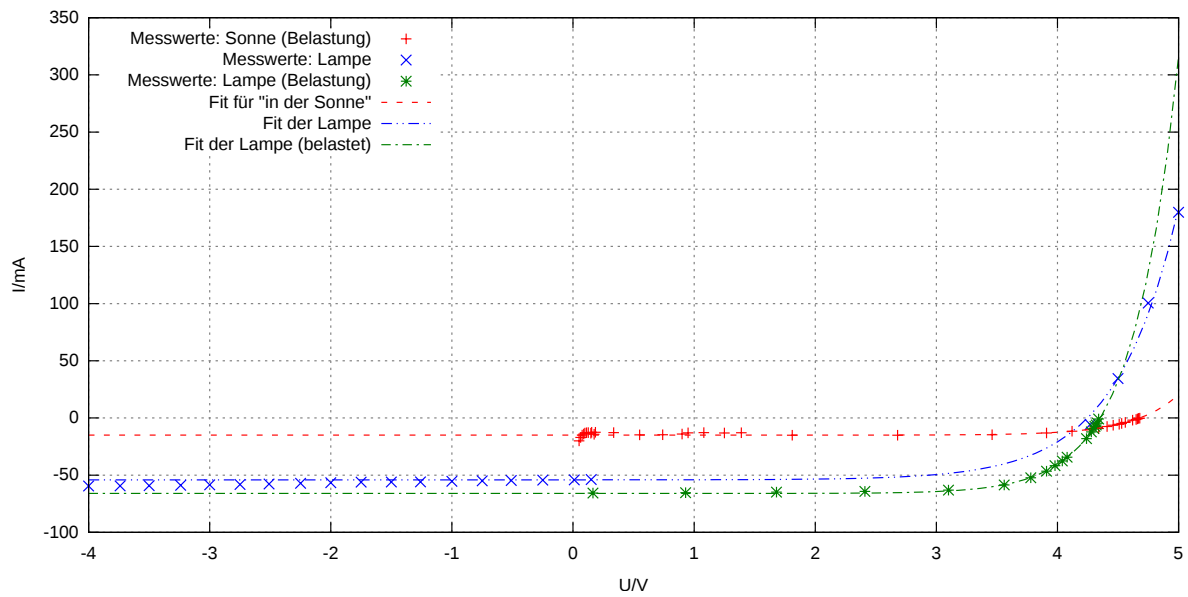


Abb. 4: Diagramm: Sonne und Lampe

Bedingungen	$I_s / \mu\text{A}$	U_T^{-1} / V	$I_F / \mu\text{A}$	U_L / V	$P_{\max} / \mu\text{W}$
rote LED	6,281	1,560	473,0	2,777	-412,491
blaue LED	1,770	1,869	2322,0	3,841	-5584,089
grüne LED	4,544	1,625	1009,0	3,327	-1895,289
rot; belastet	$1,0814 \cdot 10^4$	0,021	440,0	1,815	39,619
blau; belastet	5,221	1,556	2500,0	3,966	-5885,519
Lampe	12,6	1,968	$5,41 \cdot 10^4$	4,248	$-1,512 \cdot 10^5$
Lampe; belastet	0,485	2,715	$6,6 \cdot 10^4$	4,353	$-2,082 \cdot 10^5$
Sonne; belastet	0,0618	2,649	$1,5 \cdot 10^4$	4,679	$-5,147 \cdot 10^4$

Tabelle 1: Fitparameter der unter Abb. 2 bis Abb. 4 gezeigten Graphen

Bedingungen	FF	SF	CF
rote LED	-0,3139	2,479	-0,778
blaue LED	-0,626	3,429	-2,147
grüne LED	-0,564	2,970	-1,677
rot; belastet	0,0495	1,621	0,08039
blau; belastet	-0,593	3,541	-2,101
Lampe	-0,657	3,793	-2,495
Lampe; belastet	-0,724	3,887	-2,817
Sonne; belastet	-0,733	4,178	-3,063

Tabelle 2: Charakteristische Faktoren der Solarzelle

4 Anhang

4.1 Messwerte

U/V	$I/\mu A$	U/V	$I/\mu A$	U/V	$I/\mu A$	U/V	$I/\mu A$
-4,00	-636	-0,99	-533	0,50	-438	2,75	2
-3,73	-629	-0,76	-521	0,75	-420	2,80	34
-3,49	-622	-0,50	-506	0,98	-401	2,86	70
-3,26	-617	-0,25	-490	1,24	-377	2,90	99
-3,01	-610	-0,20	-486	1,50	-347	2,96	143
-2,73	-602	-0,15	-484	1,75	-311	3,00	182
-2,50	-596	-0,10	-481	2,00	-263	3,10	273
-2,25	-586	-0,05	-478	2,27	-198	3,20	398
-2,01	-576	0,00	-473	2,51	-116	3,40	719
-1,74	-566	0,05	-470	2,60	-77	3,60	1175
-1,49	-557	0,08	-467	2,66	-46	3,80	1843
-1,24	-545	0,38	-446	2,71	-22	4,00	2842

Tabelle 3: Messwerte bei Beleuchtung mit der roten LED

U / V	$I / \mu A$	$R / k\Omega$	U / V	$I / \mu A$	$R / k\Omega$	U / V	$I / \mu A$	$R / k\Omega$
0,04	-412	0	0,87	-244	3,	1,65	-40,4	35,
0,08	-380	0,1	0,98	-207	4,	1,67	-35,8	40,
0,13	-376	0,2	1,07	-180	5,	1,69	-32,2	45
0,17	-373	0,3	1,14	-160	6,	1,70	-29,2	50,
0,21	-370	0,4	1,19	-145	7,	1,72	-26,8	55,
0,25	-366	0,5	1,24	-132	8,	1,73	-24,6	60,
0,29	-360	0,6	1,28	-121	9,	1,74	-21,3	70,
0,33	-356	0,7	1,32	-112	10,	1,76	-18,8	80,
0,37	-351	0,8	1,45	-82,4	15,	1,77	-16,8	90,
0,40	-347	0,9	1,52	-65,3	20,	1,78	-15,2	100,
0,43	-341	1,	1,58	-54,2	25,	1,84	0,00	$\approx \infty$
0,72	-294	2,	1,62	-46,2	30,			

Tabelle 4: Messwerte bei Beleuchtung mit der roten LED unter angegebener Belastung

U / V	$I / \mu A$	U / V	$I / \mu A$	U / V	$I / \mu A$	U / V	$I / \mu A$
-4,00	-2976	0,00	-2322	3,25	-1337	3,89	126,3
-3,48	-2962	0,25	-2266	3,40	-1213	3,90	149
-3,00	-2919	0,29	-2255	3,50	-1054	3,92	250
-2,51	-2850	1,49	-1738	3,60	-857	3,94	377
-2,01	-2766	1,76	-1673	3,70	-603	4,00	672
-1,49	-2663	2,01	-1607	3,80	-257	4,09	1306
-1,00	-2557	2,25	-1547	3,82	-171	4,20	2211
-0,75	-2498	2,49	-1492	3,84	-105	4,40	4608
-0,50	-2442	2,77	-1445	3,86	-11,6		
-0,24	-2383	3,02	-1404	3,88	50		

Tabelle 5: Messwerte bei Beleuchtung mit der blauen LED

U / V	$I / \mu A$	$R / k\Omega$	U / V	$I / \mu A$	$R / k\Omega$	U / V	$I / \mu A$	$R / k\Omega$
0,29	-2490	0	3,08	-1888	1,3	3,77	-703	4,5
0,56	-2410	0,1	3,19	-1822	1,4	3,79	-637	5,
0,82	-2356	0,2	3,26	-1751	1,5	3,81	-536,7	6,
1,07	-2297	0,3	3,33	-1679	1,6	3,83	-463,4	7,
1,31	-2242	0,4	3,42	-1545	1,8	3,85	-407,7	8,
1,53	-2181	0,5	3,49	-1426	2,	3,86	-363,8	9,
1,75	-2134	0,6	3,54	-1322	2,2	3,87	-328,0	10,
1,95	-2091	0,7	3,58	-1230	2,4	3,89	-220,9	15,
2,16	-2053	0,8	3,62	-1149	2,6	3,90	-166,3	20,
2,36	-2020	0,9	3,64	-1078	2,8	3,91	-133,5	25,
2,56	-1992	1,	3,67	-1015	3,	3,92	-111,4	30,
2,75	-1963	1,1	3,72	-885	3,5	3,93	-67,0	50,
2,93	-1935	1,2	3,75	-784	4,	3,94	0,00	$\approx \infty$

Tabelle 6: Messwerte bei Beleuchtung mit der blauen LED unter angegebener Belastung

U / V	$I / \mu A$	U / V	$I / \mu A$	U / V	$I / \mu A$	U / V	$I / \mu A$
-3,99	-1338	-0,01	-1010	3,01	-375	3,49	267
-3,53	-1315	0,13	-980	3,20	-192	3,55	394
-3,00	-1283	0,53	-924	3,25	-122	3,60	531
-2,47	-1252	0,75	-871	3,30	-59	3,70	804
-1,99	-1222	1,02	-827	3,34	-4,2	3,80	1159
-1,50	-1197	1,52	-742	3,35	11,3	3,91	1614
-1,00	-1162	2,02	-653	3,40	87,5	4,00	2107
-0,49	-1094	2,54	-568	3,45	179		

Tabelle 7: Messwerte bei Beleuchtung mit der grünen LED

U / V	I / mA	U / V	I / mA	U / V	I / mA	U / V	I / mA
5,00	179,8	-0,25	-54,38	-1,75	-56,12	-3,24	-58,83
4,75	100,5	-0,51	-54,66	-2,00	-56,60	-3,50	-59,17
4,50	34,5	-0,75	-54,93	-2,25	-57,08	-3,74	-59,41
4,27	-5,71	-1,00	-55,34	-2,51	-57,78	-4,00	-59,51
0,15	-53,85	-1,26	-55,85	-2,75	-58,12		
0,01	-54,10	-1,50	-56,00	-3,00	-58,47		

Tabelle 8: Messwerte bei Beleuchtung mit der Lampe

U / V	I / mA	$R / \text{k}\Omega$	U / V	I / mA	$R / \text{k}\Omega$	U / V	I / mA	$R / \text{k}\Omega$
0,165	65,7	0	3,78	52,28	0,06	4,28	12,15	0,3
0,93	65,4	0,01	3,91	46,52	0,07	4,30	9,20	0,4
1,68	64,8	0,02	3,98	41,69	0,08	4,31	7,38	0,5
2,41	64,2	0,03	4,04	37,62	0,09	4,32	6,16	0,6
3,10	63,1	0,04	4,08	34,34	0,1	4,33	4,63	0,8
3,56	58,6	0,05	4,24	18,04	0,2	4,34	0,91	4

Tabelle 9: Messwerte bei Beleuchtung mit der Lampe unter angegebener Belastung

U / V	$I / \mu\text{A}$	R / Ω	U / V	I / mA	R / Ω	U / V	I / mA	R / Ω
0,05	20,0	0	0,55	14,8	30	4,27	10,32	350
0,063	17,0	1	0,74	14,7	40	4,34	9,21	400
0,075	15,0	2	0,90	14,0	50	4,41	7,47	500
0,088	14,0	3	0,95	13,0	60	4,46	6,32	600
0,098	13,2	4	1,08	12,8	70	4,51	5,47	700
0,111	12,9	5	1,25	13,1	80	4,53	4,81	800
0,126	12,8	6	1,39	12,9	90	4,56	3,87	1000
0,147	13,3	7	1,81	15,1	100	4,62	1,96	2000
0,154	12,5	8	2,68	15,1	150	4,65	1,31	3000
0,174	14,3	9	3,46	14,7	200	4,66	0,78	5000
0,185	12,5	10	3,91	13,1	250	4,67	0,394	10000
0,335	12,8	20	4,12	11,63	300	4,68	0,198	20000

Tabelle 10: Messwerte „in der Sonne“ unter angegebener Belastung

4.2 Grafiken

5 Quellen

Abb. 1: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Energy_band_model_\(DE\).svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Energy_band_model_(DE).svg) (Urheber: Wikipedia-Benutzer Cepheiden)